

## 20'000 JAHRE KLIMAGESCHICHTE SIMPLON<sup>1</sup>

*Hans-Niklaus Müller*

Mit der 1821 gewonnenen Erkenntnis von Ignace Venetz, wonach die oberhalb von Simplon Dorf beim Weiler Egga gelegenen mächtigen Moränenwälle «dans la nuit des temps» abgelagert und die Gletscher damit früher eine weit grössere Ausdehnung eingenommen haben mussten, hat das Simplongebiet und insbesondere der vom Fletschhorn abfliessende Rossbodegletscher in der Gletschergeschichtsforschung eine besondere Bedeutung erlangt (Abb. 1; alle Abbildungen im Anhang).

Heute wissen wir, dass tatsächlich die Eismassen Findlinge aus den Alpen bis zum Jura transportierten und nicht die biblische Sintflut.

Seit dem letzten Hochglazial sind die Gletscher massiv abgeschmolzen – zeitweise allerdings auch wieder vorgestossen –, und heute stellt sich angesichts der globalen Erwärmung und der sich vollziehenden und weltweit spürbaren Klimaveränderung die Frage, wie sich diese Entwicklung fortsetzt und allenfalls zum existentiellen Problem wird – für unsere Siedlungs- und Verkehrsinfrastrukturen, die Land- und Forstwirtschaft, die Wasserkraftnutzung, den Tourismus.

Mittlerweile lassen sich 20'000 Jahre Klimageschichte der Simplonregion überblicken. In vielfältiger Kleinarbeit und unter Einsatz einer Vielzahl natur- und kulturwissenschaftlicher Methoden sind während den letzten rund 35 Jahren in umfassender und interdisziplinärer Weise Erkenntnisse zur Gletscher-, Vegetations- und Landschaftsgeschichte zusammengefügt worden, die deren Entwicklung seit der Eiszeit nachzeichnen lassen und «la nuit des temps» erhellen.

1 *Hans-Niklaus Müller*, Landschaftsgeschichte Simplon (Walliser Alpen, Schweiz): Gletscher-, Vegetations- und Klimaentwicklung seit der Eiszeit, Habil.-Schrift Universität Karlsruhe, 2005, 435 Seiten, mit Belegen und weiterführender Literatur.

## *1 Gletschergeschichte der Neuzeit*

Für die Erfassung der neuzeitlichen Gletschergeschichte bieten sich aktuelle Beobachtungen und historische Methoden an. Während Ansichtskarten – vorausgesetzt ihre Aufnahmedaten lassen sich bestimmen –, und Messreihen der jährlichen Gletscherbeobachtung genaue Anhaltspunkte liefern, sind selbst Karten, Reliefs, Stiche, Aquarelle sowie Reiseberichte und Naturbeschreibungen einer kritischen Überprüfung zu unterziehen.

Die diesbezügliche Quellenlage ist für den Rossbodegletscher recht vielfältig. Beispielsweise zeigen Ansichtskarten vor und nach dem Gletschersturz von 1901 (Abb. 2) dessen Vorfeld und Vorgelände, während die Kartierung der Moränensituation zum Gletschersturz (Abb. 3) die damalige Situation mit teilweise seither überfahrenen Moränen belegt. Diese sind auf Gletscheroszillationen zurückzuführen, wie sie in der Gletschermessreihe (Abb. 4) zum Ausdruck kommen.

Hilfreich ist die gegenseitige Überprüfung verschiedener Daten, wie beispielsweise die verschiedenen bestehenden Karten mit den Aufzeichnungen der Gletschermessreihe, was einerseits die Verlässlichkeit beider Quellen aufzeigt und andererseits allenfalls – wie in Abb. 5 für eine rückwärtige Verlängerung der Datenlage – weitere Anhaltspunkte liefern kann.

Dies ist besonders dann erfolgversprechend, wenn sämtliche verfügbaren Quellen ausgewertet und in den Gesamtzusammenhang gestellt werden. Damit lassen sich die neuzeitlichen Gletscherschwankungen der letzten 200 Jahre im Simplongebiet sowohl für den Rossbodegletscher (als Tal- bzw. Zungengletscher) wie auch für den vom Monte Leone zum Simplonpass entwässernden Chaltwassergletscher (als Plateaugletscher) seit rund 1790 recht gut dokumentieren (Abb. 6a, b).

Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen haben sich innerhalb derselben Grössenordnung ihrer Ausdehnungen bewegt. Flächendeckend können an allen Gletschern des Gebiets die Hochstände von 1850 und 1920 erfasst werden.

Am Rossbodegletscher entstand durch das mittransportierte Moränenmaterial des immer wieder vorstossenden und dann abschmelzenden Gletschers eine eigentliche, mittlerweile 60 m mächtige Moränenbastion. Darin hat sich der Gletscher während seines letzten Vorstosses über seine eigene, früher aktive und dann zu Toteis erstarrte Zunge mit teilweise sehr hohen jährlichen Vorstossbeträgen (durchschnittlich rund 25 m) bewegt und dadurch einen eigentlichen Sandwichgletscher gebildet (Abb. 7).

## *2 Gletschergeschichte des Spät- und Postglazials*

Die Situation am Rossbodegletscher präsentiert sich geradezu schulbuchmässig ideal (Abb. 8). Während die neuzeitlichen Gletscherschwankungen durch die Moränenbastion begrenzt werden, belegen die ausserhalb gelegenen Moränen die spät- und postglaziale Gletschergeschichte.

Mittels naturwissenschaftlicher Methoden lassen sich aus der Landschaft weitere Hinweise zu deren Entwicklung analysieren und interpretieren.

Grundlegend dazu ist die flächendeckende Kartierung des glaziären und periglaziären Formenschatzes durch ausgedehnte Geländebegehungen und die Auswertung von Luftbildern. Über die morphografische Ansprache und örtliche Situierung lässt sich eine Gliederung und schliesslich eine Rekonstruktion früherer Gletscherausdehnungen und Periglazialgebiete erreichen. Deren Plausibilität hängt von der realistischen Bewertung der jeweiligen topografischen Verhältnisse bzw. vom Einbezug der Flächen des Einzugsgebiets und den im Zungenlängsprofil ermittelten Eisdicken ab.

Im 250 km<sup>2</sup> umfassenden, von Brig bis Gondo sich erstreckenden Untersuchungsgebiet am Simplon können vier Spätglazial-, ein Postglazial- und zwei neuzeitliche Stadien flächendeckend rekonstruiert werden.

## *3 Die einzelnen Gletscher-Stadien und ihre zeitliche Stellung*

Das Stadium von Gondo kann als älteste Eisausbreitung flächendeckend über das ganze Gebiet erfasst werden. Zwar gibt es einige Belege für noch frühere und grössere Gletscherbedeckungen, aber diese lassen sich nicht verlässlich auf das ganze Gebiet übertragen. Zur Zeit des Gondo-Stadials erstreckte sich das Eisstromnetz von Gondo bis Brig zum Zusammenfluss mit dem Rhonegletscher. Der Pass lag rund 200 m unter Eis. Das Stadial wird mit dem ostalpinen Stadium von Gschnitz parallelisiert. Neueste Datierungen mit Hilfe der Be<sub>10</sub>-Methode ergaben dort ein Alter von 16'000 BP.

Zur Zeit des Stadiums von Zwischbergen bestand kein Eisstromnetz mehr. Der Pass war bereits seit mindestens 12'600 BP eisfrei, wie Radiokarbondatierungen pollenanalytischer Befunde bezeugen. Möglicherweise kann dieses Stadial auch als Ausdruck eines zweigeteilten Stadiums von Gondo aufgefasst werden. Es lässt sich mit dem ostalpinen Senders-Stadium parallelisieren.

Ebenfalls zweigeteilt ist das Stadium von Dorf. Ausserhalb mächtiger Moränenwälle (beispielsweise oberhalb von Simplon Dorf) findet sich jeweils eine Staffel zahlreicher kleinerer Stände (beispielsweise unterhalb von Simplon Dorf). Das Stadium kann mit dem ostalpinen Daun-Stadium parallelisiert werden.

Insgesamt erscheinen diese komplexen Ablagerungen als Ausdruck einer mehr oder weniger kontinuierlichen Klimaverbesserung mit zahlreichen Vorstössen und Abschmelzphasen. Ihre Zeitstellung dürfte vor dem Bölling-Alleröd liegen, da im Moor von Gampisch entsprechende Sedimente nachgewiesen werden konnten.

Das Stadium von Egga zeigt steilgratige, bewaldete Moränen, wie sie von Vernetz beim Weiler Egga beschrieben wurden (Abb. 1). Sie werden der Klimadepression der Jüngeren Dryas (11'000–10'200 BP) zugeordnet und mit dem ostalpinen Egesen-Stadium parallelisiert.

Als einzige postglaziale Gletschererstreckung kann bei fast allen Gletschern des Gebiets das Stadium von Alpji erfasst werden. Es entspricht dem ostalpinen Kromer/Kartell-Stadium und liegt im frühen Präboreal. Wie die bodenstratigraphischen Untersuchungen am Rossbodegletscher (Abb. 15–18) zeigen, fanden im Postglazial dennoch zahlreiche Gletschervorstösse statt, die aber nie über die neuzeitliche Grössenordnung ihrer Erstreckung hinausreichten und somit an den andern Gletschern nicht nachweisbar sind.

Nach dem aktuellen Stand des Wissens kann die zeitliche Stellung der einzelnen Stadien seit dem Ende des letzten Hochglazials (ca. 20'000 BP) als sehr wahrscheinlich zusammengefasst und dadurch die Gliederung des Spätglazials (bis 10'000 BP) dargelegt werden (Tab. 1).

*Tab. 1: Vermutete zeitliche Einstufung der alpinen Spätglazial-Stadien  
[BP-Daten = konv.  $C_{14}$ -Jahre bzw. unkalibrierte  $C_{14}$ -Alter]*

Stadium		Zeit (BP)	Gletscher-Endlage
Hochwürm-Ende		bei 20'000	Zürich-Sursee-Bern-Solothurn
I	Spätglazial	um 19'500/19'000	Yverdon-Genf
II		um 18'500/18'000	Aigle
III	Bühl	um 17'500	Collombey-Ollon
IV	Steinach	um 17'000	Sion/Susten-Leuk
V	Gschnitz/Gondo	um 16'000	Raron/Niedergesteln Gondo (Simplon) Gotetta (Val de Nendaz)
VI	Senders/Zwischbergen	um 15'000	Visp Zwischbergen (Simplon) L'Antié (Val de Nendaz)
VII	Daun/Dorf	ca. 14'500–13'200	Gamsen/Lax/Münster Dorf (Simplon) Dena Vio (Val de Nendaz)
VIII	Egesen/Egga	11'000–10'200 (Jüngere Dryas)	Obergesteln/Oberwald Egga (Simplon) Crouya Sina (Val de Nendaz)

Damit wird auch die stufenweise Erfassung und Darstellung des Gletscherschwunds im gesamten Gebiet seit dessen Eisfreiwerden, d.h. seit rund 16'000 Jahren, möglich (Abb. 9). Die Eisflächen haben dabei jeweils um rund 70 % gegenüber dem vorangehenden Hochstand abgenommen. Allein die neuzeitliche Vergletscherung ist zwischen 1850 und 1973 (Schweizerisches Gletscherinventar, SGI) um die Hälfte geschwunden (Abb. 10, Tab. 2).

*Tab. 2: Vergletscherung am Simplon: Spätglazial bis Gegenwart  
[in km<sup>2</sup>, in Prozent des Einzugsgebiets und in Flächenprozent  
des jeweils vorgängigen Stadials]*

<i>Vergletscherung am Simplon</i>									
F	in km <sup>2</sup>			in % des Einzugsgebietes			in F-% des vorgängigen Stadiums		
	N	S	Σ	N	S	Σ	N	S	Σ
1973	3,9	15,7	19,6	5	9	8	47	64	60
1920	8,3	24,5	32,8	11	14	13	85	81	82
1850	9,8	30,2	40,0	13	17	16	79	84	82
A Alpji	12,4	36,1	48,5	17	20	19	75	75	75
E Egga	16,6	48,3	64,9	22	27	26	75	79	78
D Dorf	22,0	61,3	83,3	29	34	33	79	73	74
Z Zwischbergen	27,9	84,1	112,0	37	47	44	61	65	64
G Gondo	46,0	129,6	175,6	61	72	69	--	--	--
hydrologisches Einzugsgebiet	75	180	255	29	71	100			

Die Eisvolumen zeigen dieselbe, nahezu exponentiell verlaufende Kurve des Gletscherschwunds (Abb. 11).

Mit der Hilfe der Flächenteilungsmethode  $Sc:Sa=2:1$  können die jeweiligen Gleichgewichtslinien der einzelnen Gletscherstadien und ihrer Gletscher berechnet werden. Verglichen mit dem Bezugsniveau (BN) des Hochstands von 1850 als Referenzwert wird die betreffende Schneegrenzdepression (SGD) bzw. der Schneegrenzanstieg (SGA) ausgedrückt.

Anhand der Schneegrenzrosen (SGR) werden die jeweiligen Gletscherausdehnungen eines Stadials in ihren Expositionen dargestellt. Damit lässt sich einerseits auch deren Plausibilität überprüfen, und andererseits können die Schneegrenzen (SG) für fehlende bzw. nicht rekonstruierbare Gletschererstreckungen abgeschätzt bzw. eingegrenzt werden. An der Auswertung der Gleichgewichtslinien (GL) des Gondo-Stadials lässt sich dies exemplarisch darstellen (Abb. 12, Tab. 3).

*Tab. 3: Gondo-Stadium am Simplon: Gletscher, Expositionen, Höhenlagen der Gleichgewichtslinie (GL<sub>G</sub>) und der Bezugsniveaus (BN) sowie der Schneegrenzdepressionen (SGD) [in m]*

<i>Gletscher Gondo-Stadium</i>			<i>Exposition</i>	<i>GL<sub>G</sub></i>	<i>BN</i>	<i>SGD</i>
<i>1. Simplon-Nord</i>						
a)	Haupttal	Pass-Brig *		2130	2730	600
b)	Östl. Talseite	Wasu-W *	NW	2227	2830	603
		Bodmertälli *	NW	2239	2820	581
c)	Westl. Talseite	Jänzibode	NW	2165	2770	605
<i>2. Simplon-Süd</i>						
a)	Haupttal	Pass-Gondo *		2170	2790	620
b)	Östl. Talseite	Chesselchumma	SW	2281	2900	619
		Roti Chumma	S	2250	2930	680
		Alpjer *	SE	2293	2990	697
c)	Westl. Talseite	Ritzine	SE	2300	2960	660
		Furmule	E	2011	2620	609
		Zwischbergen *	NE	2204	2860	656
		Tschawina	NW	2035	2700	665

Die zeitliche Zuordnung von Gletscherständen allein aufgrund von SGD-Werten kann aber zu Fehlschlüssen führen, da die Schwankungs- bzw. Überlappungsbereiche oft recht gross sind (Abb. 13).

#### *4 Klimageschichtliche Auswertung*

##### *4.1 Schneegrenze*

Die Schneegrenze als Höhe der Gleichgewichtslinie der Gletschermassenbilanz im Mittel eines längeren Zeitraums enthält Mischinformationen über klimatische Änderungen, die sich auf Akkumulation und Ablation auswirken.

Während für die Charakterisierung der Akkumulationsbedingungen die jährliche Niederschlagssumme auf 2000 m herangezogen wird, können die Ablationsbedingungen durch die Sommertemperatur auf Höhe der GL erfasst werden. Über die Mittelung der aus Sommer- (vgl. Waldgrenze) und Jahrestemperatur (vgl. Blockgletscher) errechneten Niederschlagsmenge ist aus den SGD die prozentuale Differenz zu den heute gemessenen Niederschlagssummen bestimmbar.

## 4.2 Blockgletscher

Die den Periglaziärraum charakterisierenden Blockgletscher (BG) können im Simplongebiet in ihren drei Aktivitätszeiträumen unterschieden werden. Noch sind 18 – über 2400 m gelegene – BG aktiv und damit im Gleichgewicht mit der klimatischen Umwelt. Die zwischen 2200–2500 m liegenden 22 inaktiven BG waren im Postglazial bis zum Ende der neuzeitlichen Hochstände aktiv. Die 49 fossilen BG, die sich in eine jüngere und eine ältere Gruppe unterteilen lassen, waren während des Spätglazials aktiv und liegen zwischen 1800 und 2400 m. Ihre expositionsbezogene Darstellung zeigt – analog den SGR (Abb. 12) – deren zeitgleiche Ausdehnungen und mit den Höhenwerten die Lage und den Verlauf der Permafrostuntergrenzen (PUG) (Abb. 14).

Da sie als Permafrosterscheinung weitgehend von der Jahrestemperatur abhängen, spiegelt ihre Verbreitung den Verlauf der Jahrestemperatur wider. Unter Verwendung eines konstanten vertikalen Temperaturgradienten können aus den Differenzen zwischen heutigen und früheren PUG die Differenzbeträge früherer Jahrestemperaturen berechnet werden (Abb. 22).

## 4.3 Fossile Böden in postglazialen Schuttkörpern

In postglazialen Schuttkörpern (Moränen, Schutthalden, Erdströme) überschüttete und damit fossilisierte ehemalige Böden (fAh) ermöglichen durch ihre Datierung die zeitliche Unterteilung und Gliederung der letzten 10'000 Jahre. In klimatisch günstigen Zeitabschnitten und geomorphogenetischen Ruhephasen ist die Bodenbildung möglich. Material vorstossender Gletscher, Frostverwitterungsschutt von über Schutthalden gelegenen Felswänden oder durch Solifluktion bewirktes Bodenfließen überdecken in Zeiten klimatisch ungünstiger Bedingungen die auf den Schuttkörpern entstandenen Böden.

Im Moränenkomplex der Gäli Egga am Rossbodegletscher kann eine Vielzahl fossiler Böden entdeckt werden. Sie können durch Anlagerung oder Überschüttung von Material erneuter Gletschervorstösse entstanden sein (Abb. 15). Im Querprofil erscheint der mehrphasige Aufbau des mächtigen Wallsystems (Abb. 16), das in Profilschnitten teils mehrere übereinanderliegende Bodenbildungsphasen offenlegt. Als Beispiel dient Profil 48 (Abb. 17) mit drei fAh unterschiedlicher Mächtigkeit und Ausprägung.

Mit der Datierung ( $C_{14}$ -Methode) des organischen Anteils wird das Ende der Bodenbildungsphase ermittelt. Aufgrund methodischer Schwierigkeiten (mögliche Umlagerungen, Huminsäureinfiltrationen u. a.) können durchaus Datierungen erfolgen, deren Aussagekraft wenig plausibel erscheint. Um eine gültige Bewer-

tung zu erreichen, ist deshalb der Gesamtzusammenhang möglichst vieler Daten erforderlich (Abb. 18).

An der Aussenseite desselben Moränenkomplexes der Gäli Egga haben sich Erdströme ausgebildet. Am Beispiel von Profil 39 (Abb. 19) werden recht eng übereinanderliegende fAh erkennbar, deren Altersbestimmungen teilweise unsicher erscheinen.

In der auf dem Simplonpass am Fuss des Hübschhorns gelegenen Schutthalde Rotelsee liess sich an über rund 60 m offen gelegenen Aufschlüssen eine grosse Anzahl ehemaliger Böden stratigrafisch untersuchen. Über weite Strecken können bis zu sieben übereinanderliegende, immer wieder von Steinschlagschichten getrennte fAh dokumentiert werden (Abb. 20). Damit wird aufgezeigt, dass die Schutthaldenentstehung nicht als ein einziges Ereignis nach dem Eisfreiwerden, sondern als klimaabhängige, langfristige Bildung zu verstehen ist.

Grundsätzlich stellen sich auch bei diesen Schutthaldeböden dieselben Datierungsprobleme wie bei den Erdstrom- und Moränenböden. Bemerkenswert ist aber, dass sich in der Braunerde von 25 g Holzkohle-Partikel befinden, deren Alter sich nicht signifikant vom organischen Bodenmaterial unterscheidet. Darüberhinaus enthält dieser Horizont, der ein Alter von rund 3100 BP aufweist, Juglans-Pollen. Dies belegt, dass Walnuss bereits vorrömerzeitlich auftrat und damit nicht eisen-, sondern schon bronzezeitlich einzustufen ist. Dieser Befund wird auch gestützt durch das Profil 31 am Rossbodegletscher (Abb. 18).

Zusammenfassend können diese Bodenbildungs- und Überschüttungsphasen der verschiedenen Schuttkörper in eine Gliederung des alpinen Postglazials überführt werden (Abb. 21). Darin werden die Pendelungen des Klimas während den letzten 10'000 Jahren offenkundig, die sich innerhalb relativ enger Grenzen bewegten und einen quasi-stabilen Klimacharakter repräsentieren.

#### *4.4 Mensch und Wald*

In diese Gegebenheiten hat sich der Mensch mit seinen Aktivitäten während Jahrhunderten eingefügt. Zwar lassen Schalensteine auf der Nordseite des Passes und pollenanalytische Befunde auf dem Pass und südlich davon vermuten, dass der Mensch die Hochlagen bereits im Neolithikum begangen bzw. relativ früh allenfalls auch teilweise gerodet und beweidet hat. Die unter Wasserwiesenablagerungen rund um Simplon Dorf ergrabenen zahlreichen Holzkohlehorizonte belegen allerdings zweifelsfrei, dass der Mensch tatsächlich – und damit viel früher als bisher angenommen – sich diese Gebiete bereits zu jener Zeit nutzbar machte. Mit dem ältesten, auf 4800 BP datierten Brandrodungshorizont wird diese Landnahme ebenso belegt wie auch die darauffolgenden Phasen in der frühen und mittleren Bronzezeit mit der so genannten Rhonekultur, der älteren Eisenzeit mit der



bekannten Einwanderung der Kelten, sowie der Römer- und Völkerwanderungszeit und den früh- und hochmittelalterlichen Walser-Wanderungsphasen nachgewiesen werden können. Damit erhält die bis in die Gegenwart gepflegte Wasserwiesenbewirtschaftung eine besonders hohe historisch-archivalische Bedeutung.

Mit diesen Rodungen von Waldflächen hat der Mensch offensichtlich seit Jahrtausenden Land in Kultur genommen und seine Bewirtschaftungsflächen – auch abhängig von klimatischen Bedingungen – immer wieder ausgeweitet. Dabei ist er teilweise bis zur Waldgrenze (WG) und darüber hinaus vorgedrungen.

Da für das Überleben der Bäume an der WG die Lufttemperatur- oder Wärmesumme des Sommers entscheidend ist, steuert der Wärmehaushalt die Höhenlage der natürlichen WG. Deren Schwankungen sind somit ausreichend als Schwankungen der Sommertemperaturen aufzufassen. Unter Annahme eines gleichbleibenden vertikalen Temperaturgradienten können – analog der Berechnung der Jahrestemperaturen – die Höhendifferenzen der spät- und postglazialen zur heutigen WG als Differenzbeträge früherer Sommertemperaturen gegenüber heute errechnet werden (Abb. 22).

### *5 Landschaftsgeschichte und Klimawandel*

Die Klimageschichte der letzten 20'000 Jahre im Simplongebiet kann aus den Befunden der landschaftsgeschichtlichen Analysen rekonstruiert werden.

Sowohl aus den Erkenntnissen der Gletschergeschichte, der Ausbreitung der Blockgletscher, sowie der Vegetationsgeschichte, dem Verlauf und den Schwankungen der Waldgrenze wird die Entwicklung der klimatischen Verhältnisse aufgezeigt.

Charakteristisch ist der relativ kontinuierliche, immer wieder mit Rückschlägen behaftete Trend zur Verbesserung während des Spätglazials und – im Gegensatz dazu – der ziemlich stabil, in kleinen Schwankungsbereichen pendelnde Ablauf während des Postglazials. Dies spiegelt sich im Verlauf sowohl der Wald- und Schneegrenze als auch der Sommertemperaturen wider (Abb. 22).

Seit der Ältesten Dryas (Stadien von Zwischbergen und Dorf) ist die mittlere Jahrestemperatur um  $+2\frac{1}{2}$  bis  $3^{\circ}\text{C}$ , die Sommertemperatur um  $+7$  bis  $10^{\circ}\text{C}$  angestiegen, während der Niederschlag um rund 800 mm/a zugenommen hat und das Klima somit etwa um 50 % feuchter geworden ist.

Während der Jüngeren Dryas (Egga-Stadium) lagen das Jahresmittel der Temperatur um  $-2^{\circ}\text{C}$  und die Sommertemperaturen um  $-4$  bis  $4\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  tiefer als heute. Der Niederschlag fiel um 700 mm/a geringer aus; das Klima war um ca. 40 % trockener, insgesamt also kontinentaler als heute.

Angesichts des aktuell global feststellbaren Klimawandels erhebt sich die Frage nach den Auswirkungen der künftig zu erwartenden Entwicklung auf regionaler Ebene, insbesondere im Hochgebirge.

Unter Annahme einer Zukunftsprojektion derselben Veränderungsrate, wie sie im Simplongebiet zwischen 1850 und 1973 (Aufnahme des Schweizerischen Gletscherinventars, SGI) feststellbar ist, kann errechnet werden, dass dann die gesamte Gletscherfläche nur noch rund 10 % und das Eisvolumen lediglich ca. 5 % der Werte von 1850 betragen. Damit verblieben nur noch einige wenige, relativ kleine Vergletscherungen übrig. Dass dies nicht nur ästhetische Fragen zur Attraktivität und zur Anziehungskraft der Hochgebirgslandschaft sowie zur wirtschaftlichen Nutzung des Wassers für die Stromproduktion aufwirft, dürfte angesichts der mit dem gleichzeitigen Anstieg der Permafrostuntergrenze und den damit der Verwitterung und Erosion ausgesetzten Flächen offenkundig sein. Die erhöhte Gefahr von Muren und Überschwemmungen, die Zerstörung von Wäldern und Weiden sowie der Schutz von Siedlungen und Infrastrukturanlagen dürften hohe Investitionen verursachen.

Die klimatischen Veränderungen schlagen sich in den Daten der langjährigen phänologischen Zeitreihe nieder. Obwohl über deren gesamten Beobachtungszeitraum sich für das jeweilige Eintrittsdatum einer bestimmten Zustandsphase ein gewisser Schwankungsbereich zeigt – beispielsweise für die Blattentfaltung der Lärche 41 und für die Vollblüte des Löwenzahns sogar 64 Tage –, lassen sich dennoch eindeutige Tendenzen erkennen. In den ersten rund vier Jahrzehnten seit Anfang der 1950er Jahre sind durchschnittlich signifikant spätere Eintrittsdaten – beispielsweise für die Vollblüte des Löwenzahns um rund 8 Tage, jene der Kartoffel um rund 10 Tage und der Blattentfaltung der Lärche um rund 8 Tage – festzustellen. Demgegenüber zeichnet sich in den letzten beiden Jahrzehnten seit Ende der 1980er / Anfang der 1990er Jahre eine Trendwende zu im Mittel früheren Eintrittsdaten phänologischer Zustandsstufen im Jahresverlauf ab (Abb. 23).

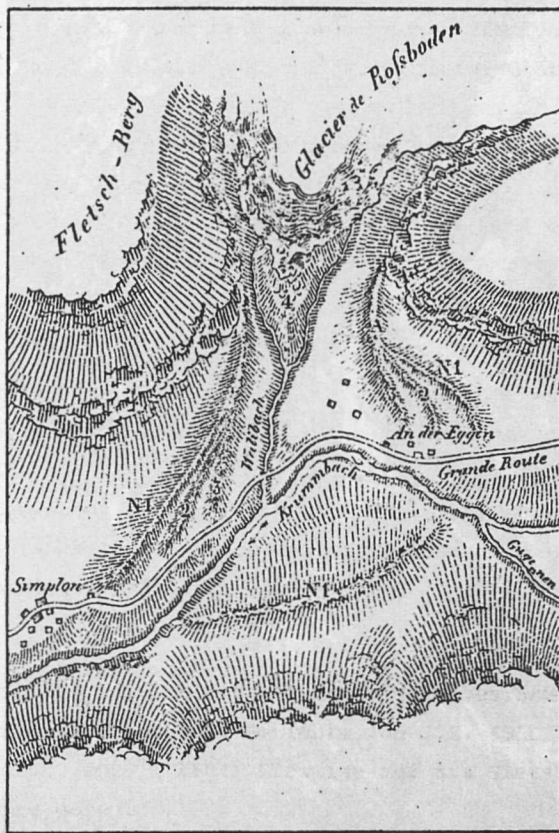
Damit wird die Phase der Verzögerung jahreszeitlicher Ereignisse (z. B. Winterverschiebung in den Frühling hinein) – die sich auch im durchschnittlich um rund 15 Tage späteren Auftreten des ersten Reifs im Herbst und sogar überregional in der um etwa drei Wochen verzögerten Ankunft der Schwalben manifestierte – offenbar abgelöst durch eine Phase durchschnittlich früherer Eintretensdaten (also z. B. Frühlingsverschiebung in den Winter hinein). Bei Betrachtung des gesamten Zeitraums von 1952–2008 fallen diese Differenzierungen aber dahin, da dann für Lärch und Löwenzahn ein durchschnittlich um rund 12 bzw. 13 Tage früheres Eintrittsdatum resultiert.

Seit 5000 Jahren ist der Mensch im Simplongebiet aktiv, nutzt die natürlichen Grundlagen zwar intensiv, aber gut angepasst. Die künftige Entwicklung bedeutet eine grosse Herausforderung an die heutige Bevölkerung. Angesichts der durch

den Klimawandel zu befürchtenden Gefährdung der ökologischen Grundlagen wird die Ausrichtung auf eine nachhaltige Entwicklung vordringlich, die einen dauerhaften und stabilen, zukunftsfähigen Ausgleich mit den ökonomischen Bedürfnissen und den sozial-gesellschaftlichen Notwendigkeiten schafft. Die Stabilisierung des einheimischen Gewerbes sowie der Forst- und Landwirtschaft mit der Erhaltung und Schaffung neuer Arbeitsplätze, der damit verbundenen Sicherstellung der Schule und der Vermeidung der Abwanderung, insbesondere der jungen Bevölkerung, könnte im Rahmen der Schaffung eines regionalen Natur- und Landschaftsparks gelingen. Damit liesse sich auch diese vielfältige, geschichtsträchtige und faszinierende Landschaft im Rahmen gezielter Angebote des Sanften Tourismus nachhaltig nützen und schützen.

Diese Chance gälte es wahrzunehmen!





Les moraines du glacier de Rossboden, sur le Simplon, prouvent d'une manière bien frappante la grosseur gigantesque que ce glacier avoit autrefois, étant arrivé tout près de l'endroit où se trouve aujourd'hui le village de Simplon.

Les voyageurs qui veulent examiner ces enceintes, doivent s'arrêter au petit village An-der-Egguen élevé sur des débris de cette nature. Ils monteront derrière ce village sur une élévation qui se trouve environ à 600 pieds de la route (voyez le point a sur le dessin ci-joint). Ici une énorme moraine se trouve partagée en trois; la plus éloignée démontre clairement qu'ayant rencontré le mont opposé et ne pouvant plus avancer, le glacier s'est jeté sur ses flancs, déposant tout à l'entour une très-grande moraine (voyez N° 1), par laquelle on peut encore juger que, dans l'endroit où la grande route du Simplon traverse le torrent de Wali (*Wälbach*), le glacier avoit autrefois plus de 200 pieds d'épaisseur verticale.

Poussées moins loin que la première, les deux autres moraines ne se distinguent que de chaque côté de l'ancien glacier; leur pointe a été emportée par le torrent ou quelque autre cause. Cette circonstance prouve que beaucoup de moraines furent détruites par des causes que nous ignorons, et qu'il ne faut pas s'étonner si l'on trouve beaucoup de glaciers où ces vestiges de leur ancienne grosseur ont complètement disparu.

Une quatrième moraine se trouve encore tout près du glacier (sans compter les amas irréguliers de pierre que l'on trouve dans l'intervalle), elle est couverte de mélèzes d'une petite taille, dont la glace a déjà renversé une grande partie \*).

De la moraine N° 1 jusqu'à la glace actuelle, il y a une distance d'environ 7000 pieds.

On pourra nous objecter que ce glacier aura formé ces moraines par des chutes subites dont l'histoire fait mention. Il est incroyable qu'une chute puisse former des moraines si régulières. Ce n'est d'ailleurs point le glacier de Rossboden qui s'est écroulé, c'est celui de Gutschen qui, vers la fin du dernier siècle, s'est de nouveau écroulé et a couvert de glace les alpes de Gugguinen et la plaine de Gletsch. Les débris entraînés par ces chutes sont confusément dispersés dans la plaine.

\*) Depuis 1822 ce glacier a abandonné une grande surface de terrain.



Abb. 2A: Rossbodegletscher-Vorgelände: Ansichtskarte Route du Simplon–Fletschhorn et glacier de Rossboden, Blaudruckfoto (vermutlich vor 1875)

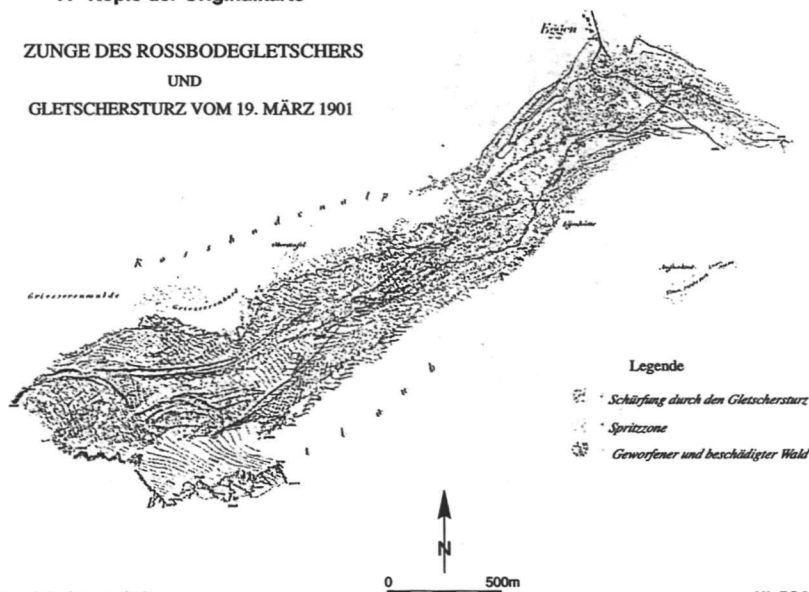


Abb. 2B: Ansichtskarte Simplon, glacier du Rossboden, Foto (zwischen 1875 und 1900)

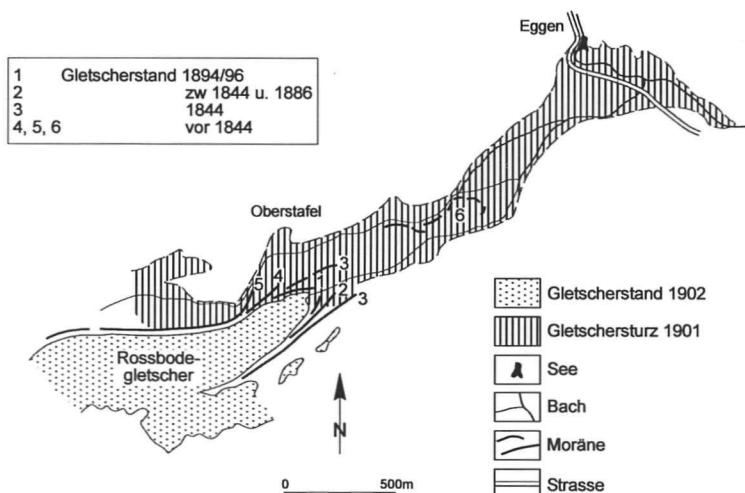
Abb. 3 (rechts): Rossbodegletscher nach dem Gletschersturz von 1901; A: Kopie der Originalkarte von Vittoz, Leupin (1902 / 1909); B: Interpretationsskizze

# A Kopie der Originalkarte

## ZUNGE DES ROSSBODEGLETSCHERS UND GLETSCHERSTURZ VOM 19. MÄRZ 1901



# B Interpretationsskizze



Z.: P.O.

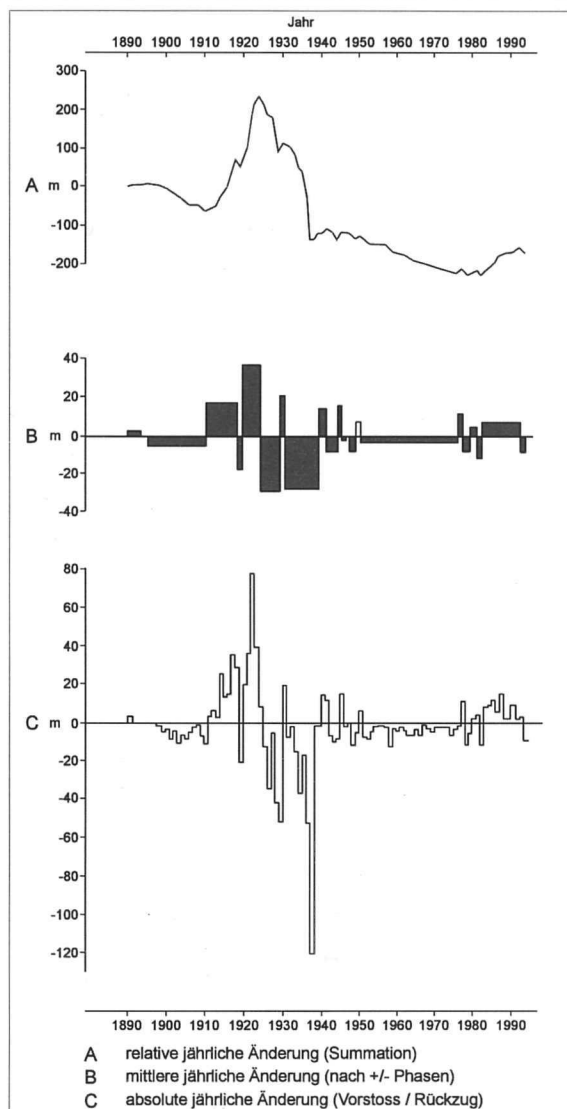


Abb. 4: Rossbodegletscher: Längenänderung 1891–1995



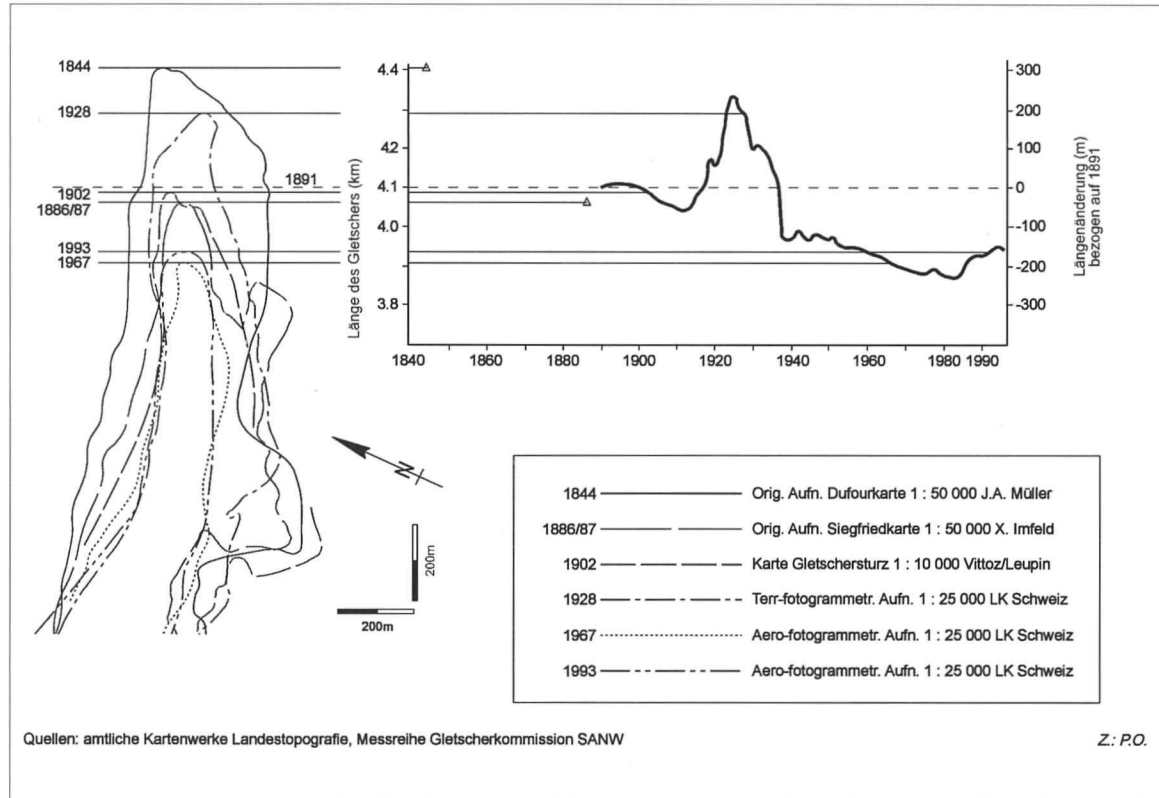


Abb. 5: Lageänderung der Zungenstände des Rossbodegletschers im Vergleich von Messreihe und Karten seit 1844

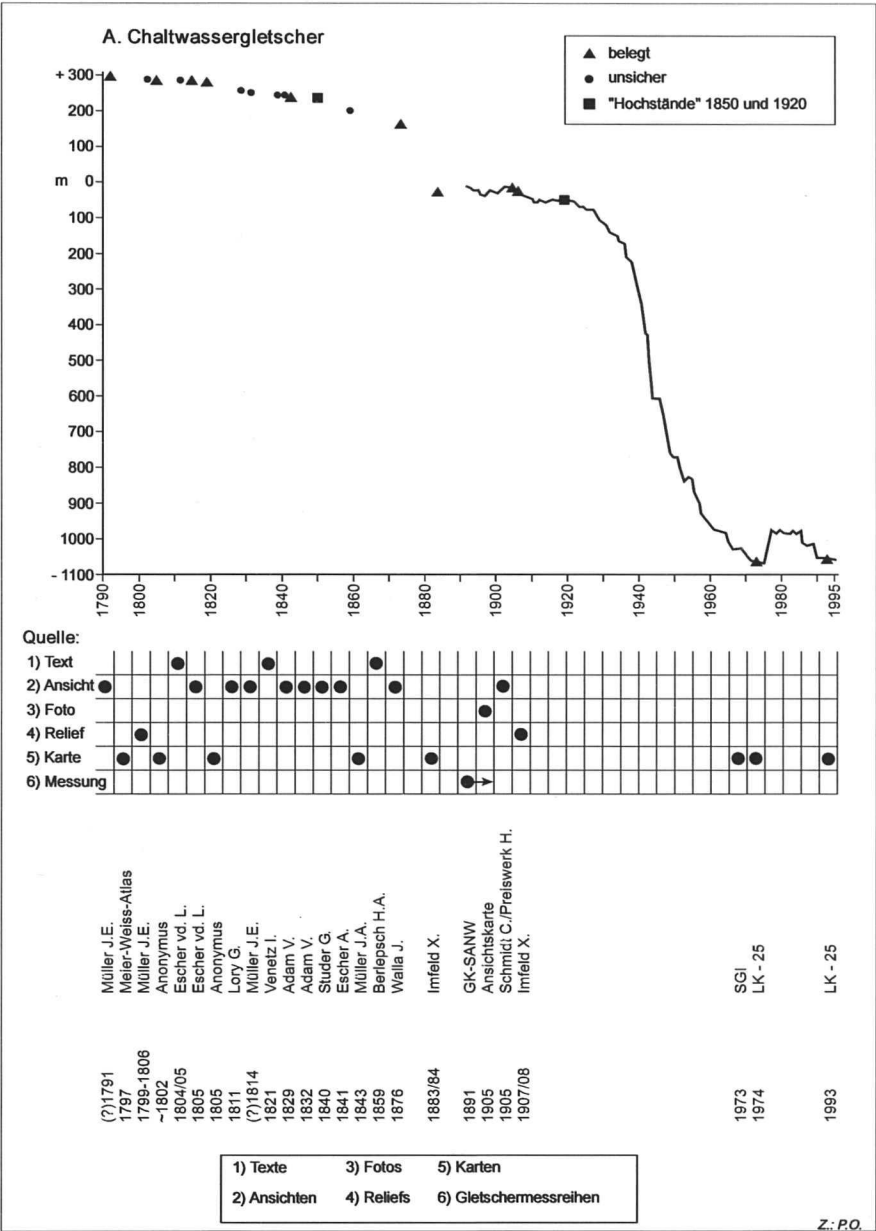
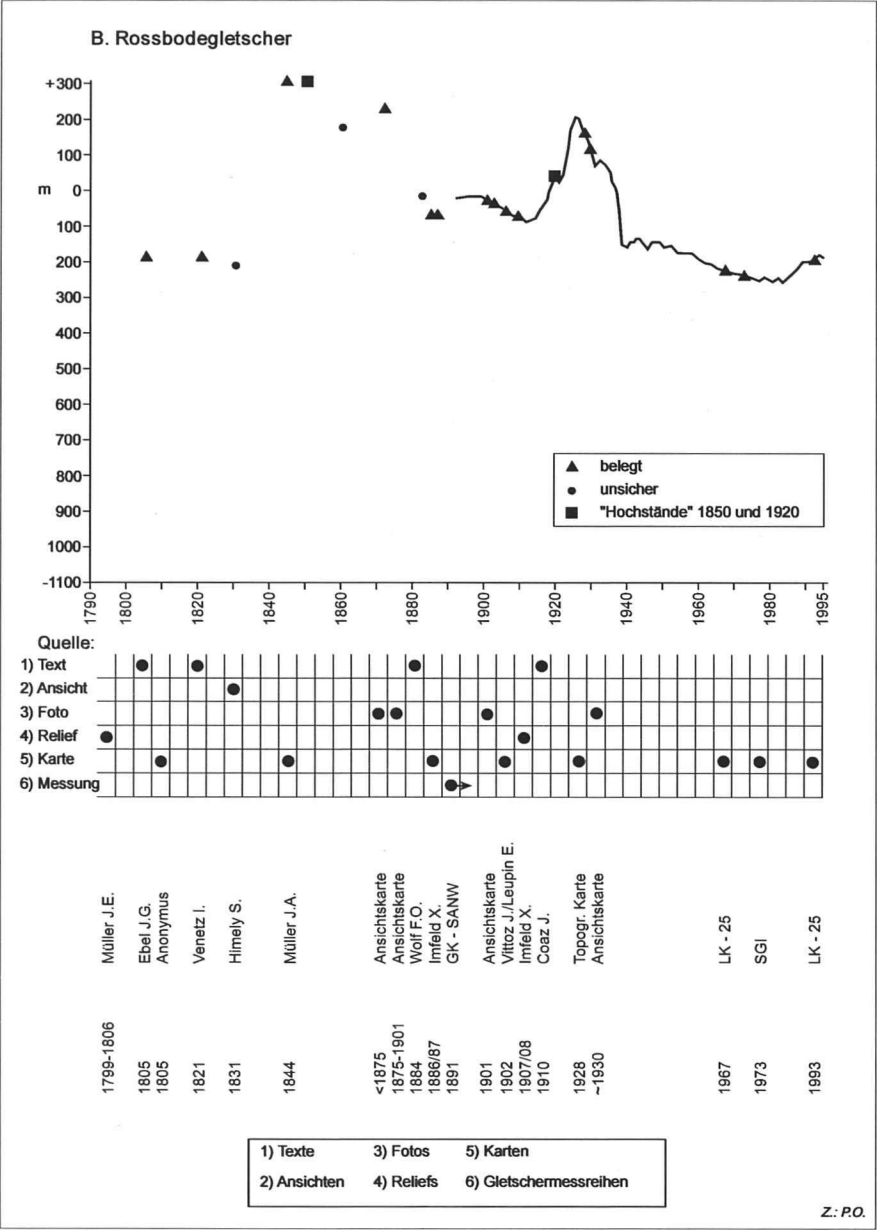


Abb. 6: Neuzeitliche Gletscherstände beziehungsweise -längenänderungen im Simplongebiet anhand historischer Quellen. A: Chaltwassergletscher; B: Rossbodegletscher



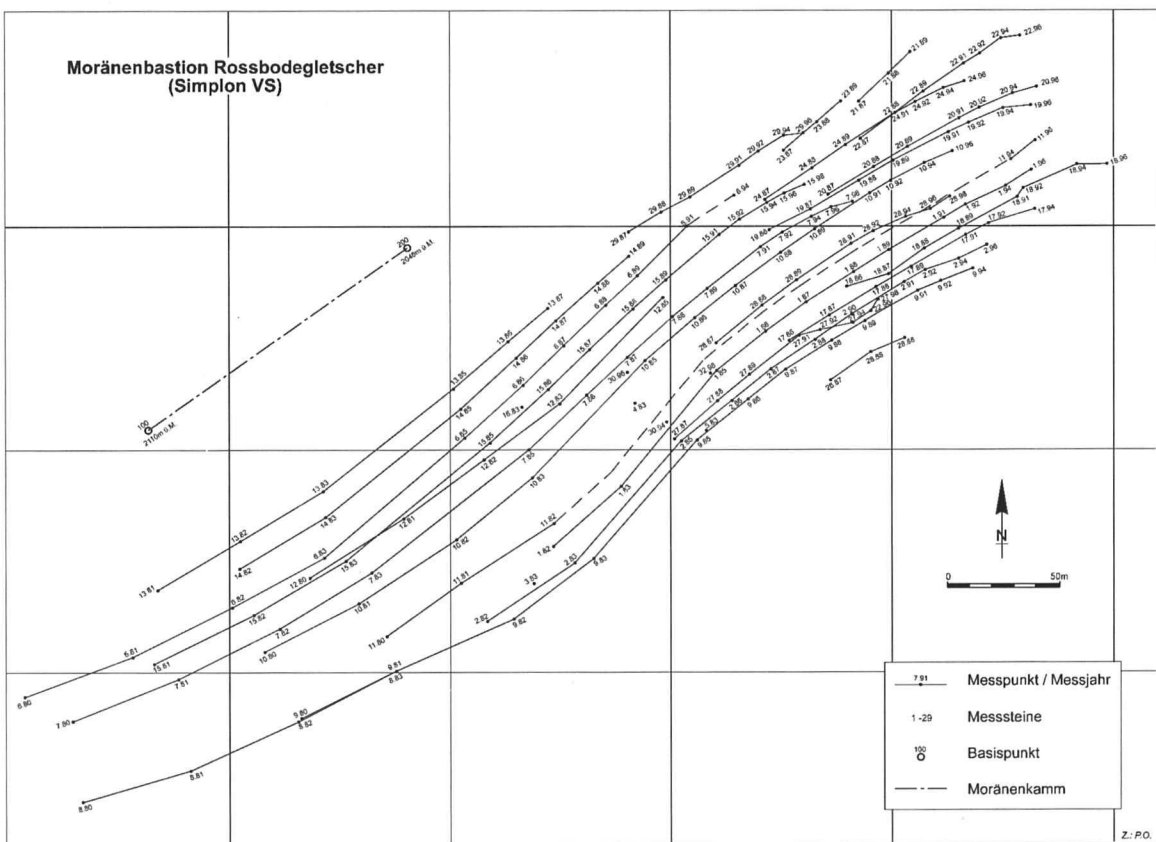
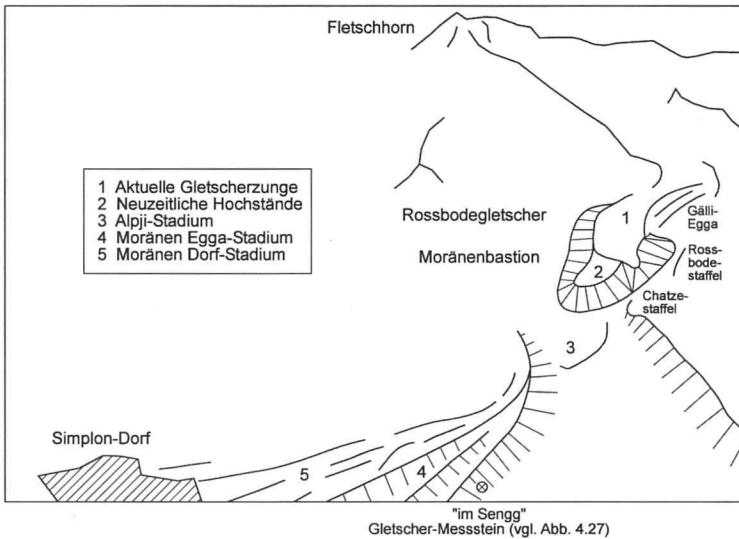


Abb. 7: Blockschuttlunge Rossbodegletscher: Bewegungsmessungen der Felsblöcke auf der Moränenbastion 1980–1996

A:



B:



Z.: P.O.

Abb. 8: Fletschhorngruppe mit Rossbodegletscher: A: heute (1995); B: Bezeichnung der Gletscherstände und Stadien

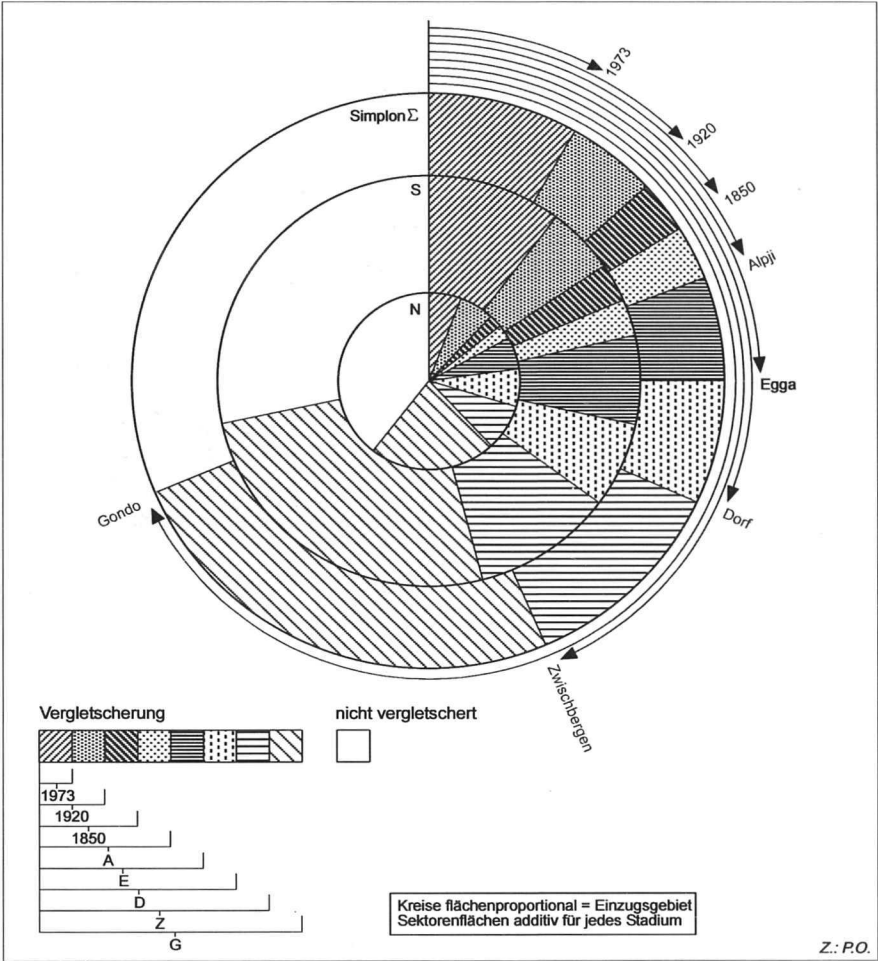


Abb. 9: Flächenschwund der Vergletscherung im Simplongebiet: Spätglazial bis Gegenwart

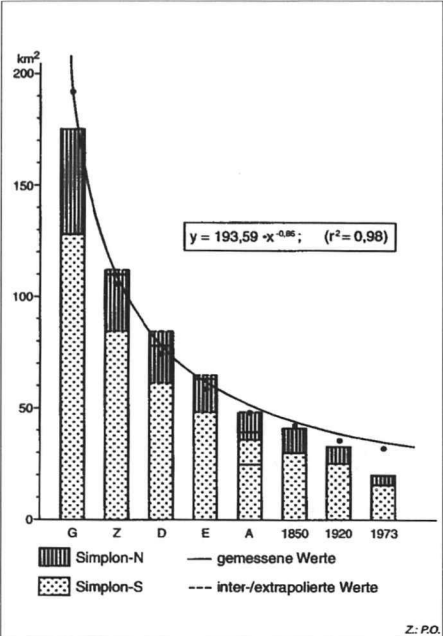


Abb. 10: Eisflächen der Vergletscherung am Simplon (Nord und Süd): Spätglazial bis Gegenwart

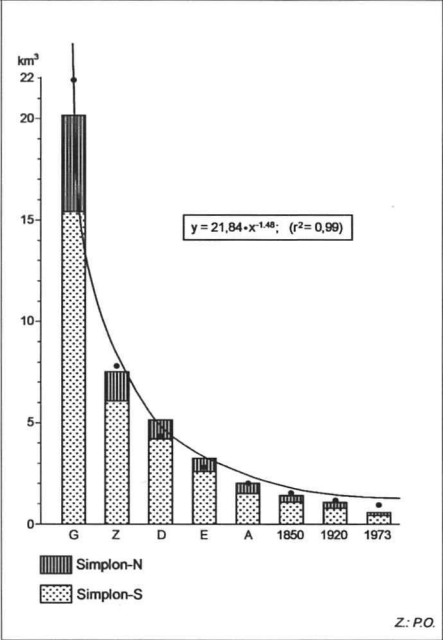


Abb. 11: Eisvolumen der Vergletscherung am Simplon (Nord und Süd): Spätglazial bis Gegenwart

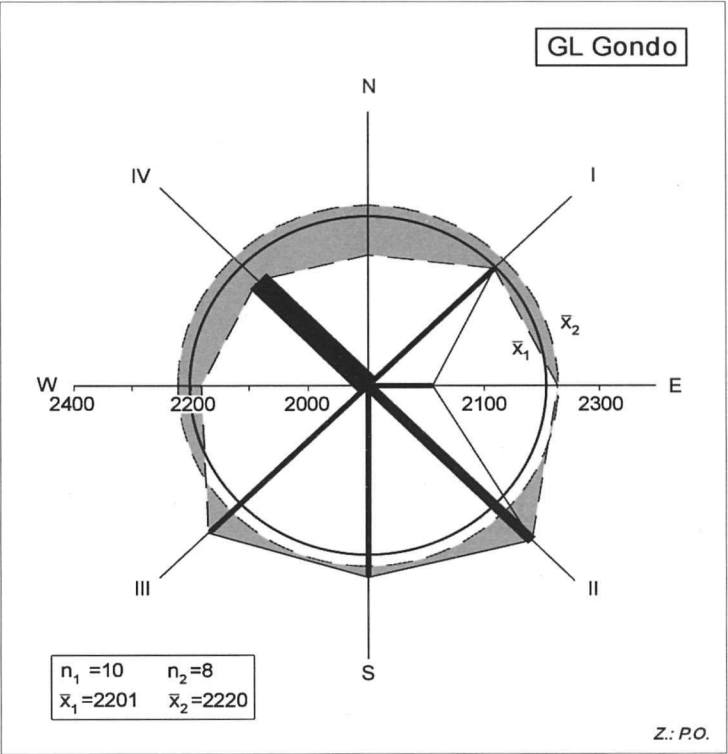


Abb. 12: Schneegrenzrose Gondo-Stadium



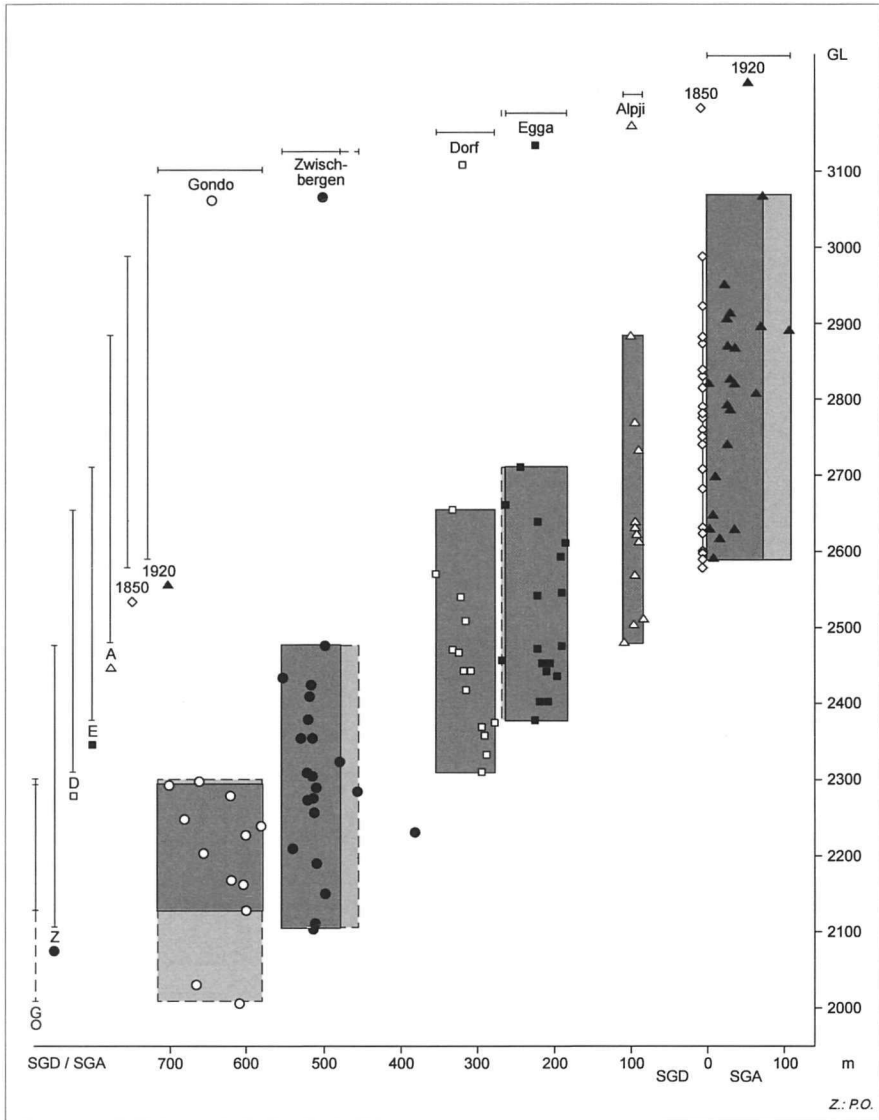


Abb. 13: Abhängigkeiten der Gleichgewichtslinien (GL) und Schneegrenzdepressionen (SGD) der einzelnen Gletscher am Simplicon (Spätglazial bis Gegenwart)

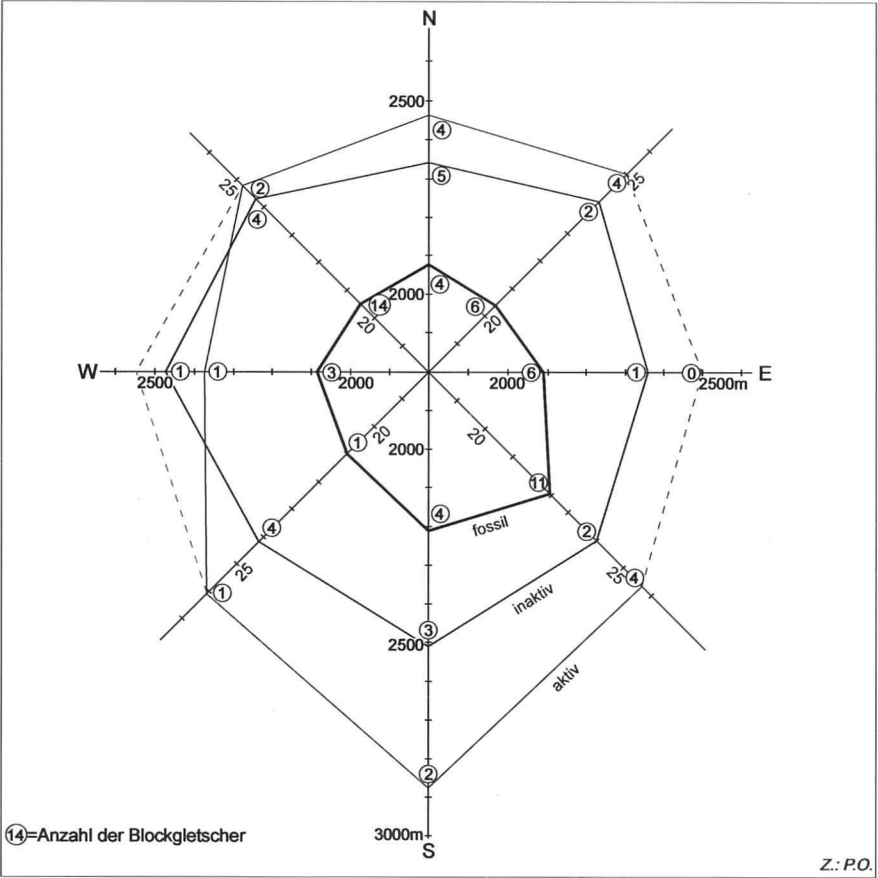
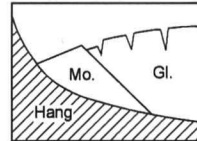


Abb. 14: Expositionsbezogene Höhenwerte der Blockgletscher-Untergrenzen [in m. NN]

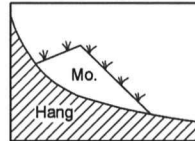
### Gletschervorstoss



Kaltphase

Falls der Gletscher (Gl.) nicht auf baren Felsen vorstösst, kann bereits ein fossiler Boden (fAh) entstehen: die Oberfläche wird durch Moränenmaterial zugedeckt, die Bodenbildung abgeschlossen.

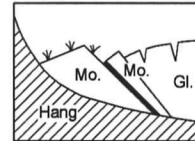
### Gletscherschwund



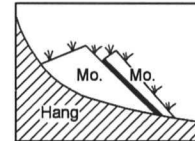
Warmphase

Auf der abgelagerten Moräne (Mo.) wird Vegetationsbewuchs und Bodenbildung möglich.

### Anlagerung von Moränenmaterial eines weiteren Gletschervorstosses

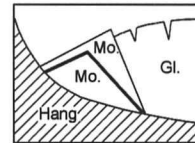


Kaltphase

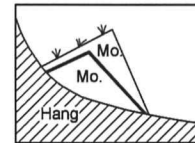


Warmphase

### Überschüttung von Moränenmaterial eines weiteren Gletschervorstosses



Kaltphase



Warmphase

Die erneut vorstossenden Eismassen bedecken mit ihrem Schutt die entstandene Vegetationsdecke. Die Bodenbildung wird abgebrochen, ein Boden wird fossil.

Das starke Abschmelzen des Gletschers legt die Moränen-Innenwand frei. Die Erosion führt zu deren Übersteilung. Dadurch kommen die fossilen Böden zum Vorschein.

— = fossile Böden (fAh)

← = mögliche Untersuchungsstellen

Z.: P.O.

Abb. 15: Entstehungsmöglichkeiten fossiler Böden (fAh) in Moränen (schematische Darstellung)

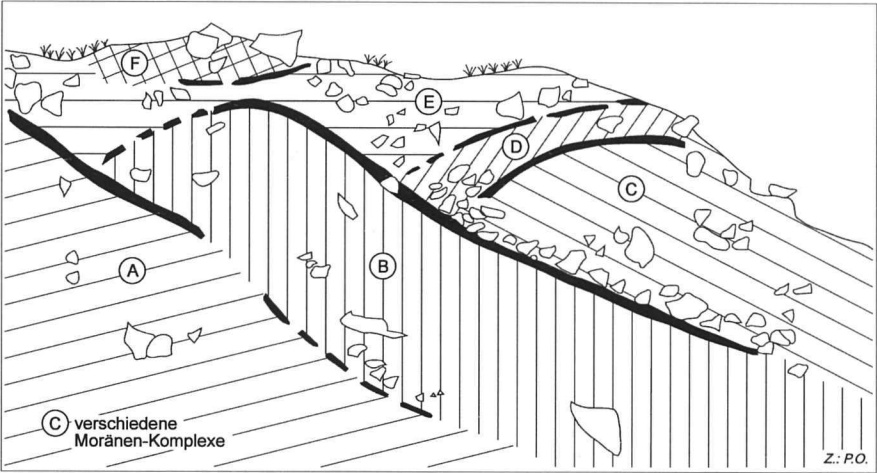


Abb. 16: Moräne Gälli Egga (Rossbodegletscher): Anlagerungen und Überschüttungen

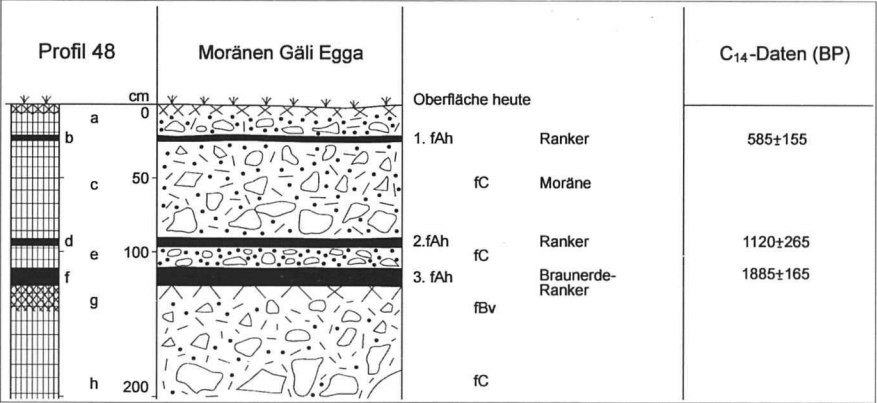


Abb. 17: Moräne Gälli Egga (Rossbodegletscher): Profil 48

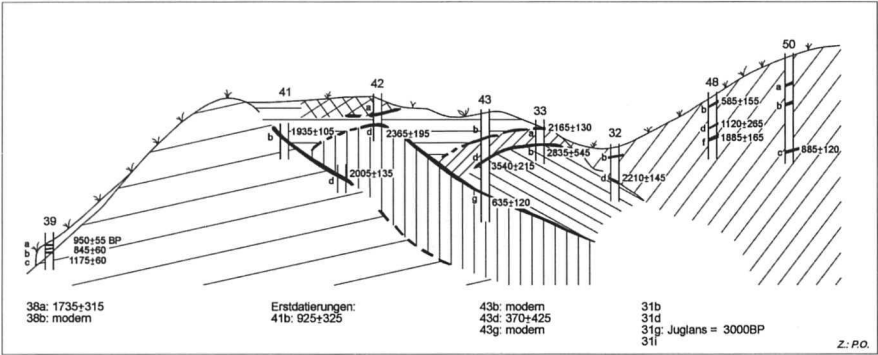


Abb. 18: Moräne Gäli Egga (Rossbodegletscher):  $C_{14}$ -Datierungen fAh der Moränen und Erdströme [BP = konv.  $C_{14}$ -Jahre]

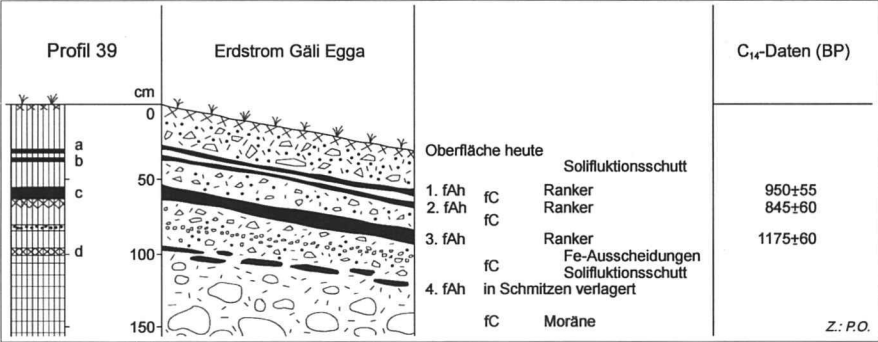
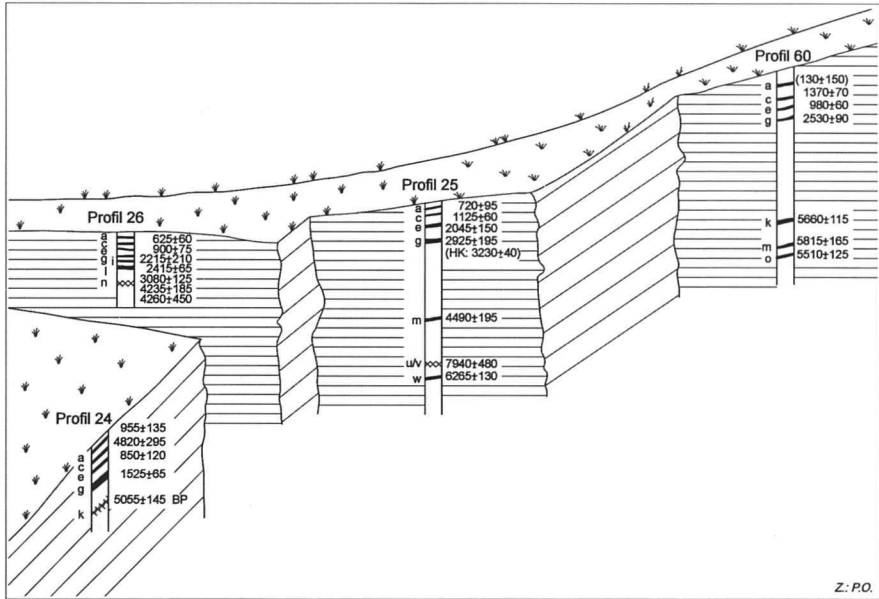


Abb. 19: Erdstrom Gäli Egga (Rossbodegletscher): Profil 39



Z: P.O.

Abb. 20: Schutthalde Rotelsee (Simplonpass):  $C_{14}$ -Datierungen fAh [BP = konv.  $C_{14}$ -Jahre]

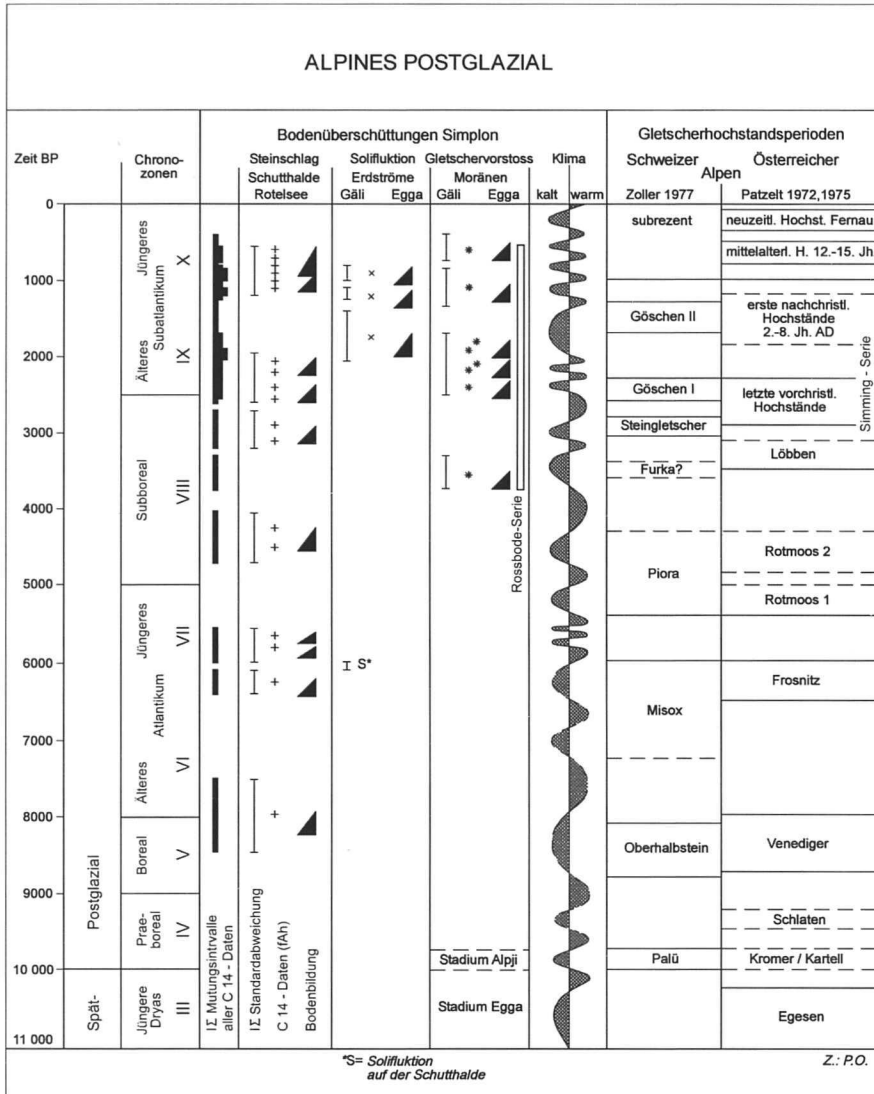
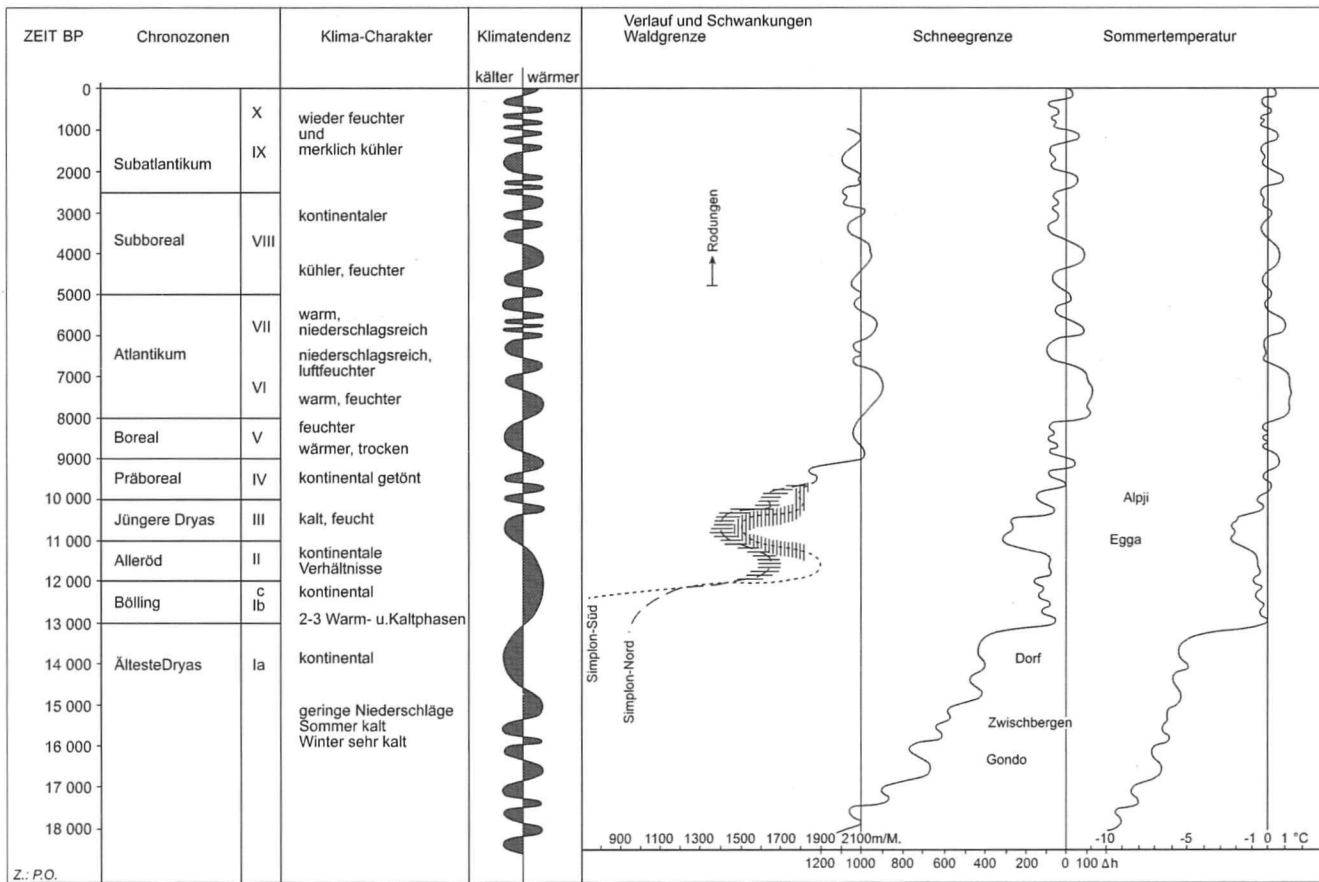


Abb. 21: Klimaschwankungen im alpinen Postglazial anhand von Bodenüberschüttungen am Simpon (VS) in Bezug zu den Gletscherhochstandsperioden der Schweizer und Österreichischen Alpen





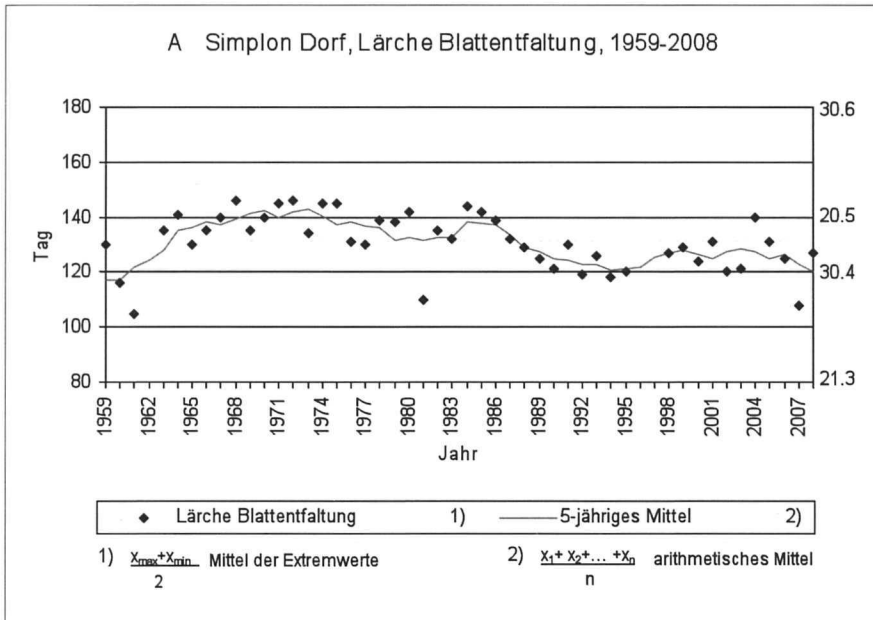


Abb. 23A: Eintrittsdaten phänologischer Phasen im Jahresverlauf am Simlon. Lärche Blattentfaltung, Beobachtungsperiode 1959–2008

Abb. 22 (linke Seite): Spät- und postglaziale Klimaschwankungen im Simplongebiet [aktueller Stand]

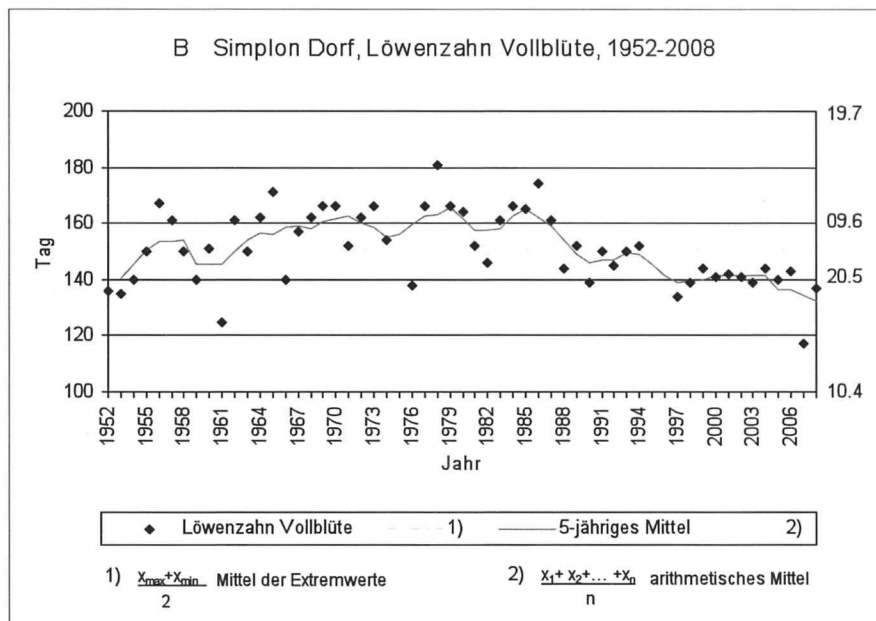


Abb. 23B: Eintrittsdaten phänologischer Phasen im Jahresverlauf am Simpon. Löwenzahn Vollblüte, Beobachtungsperiode 1952–2008